

УДК 621.9.048

Б. Гевко¹, докт. техн. наук; О. Кондратюк², О. Шаблій¹, докт. фіз.-мат. наук, професор; М. Підгурський¹, докт. тех. наук, професор.

¹Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

²Національний університет водного господарства та природокористування

РОЗШИРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ВІБРАЦІЙНО-ВІДЦЕНТРОВОГО ОБРОБЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ

Резюме. Проведено дослідження взаємодії гранул абразивного середовища з оброблювальною поверхнею в процесі вібраційно-відцентрового оброблення. Технологічний процес оброблення деталей машин вільними абразивами здійснюється в якості зачисного, шліфувального і зміцнювального оброблення деталей складної конфігурації і малої жорсткості має важливе народногосподарське значення. Виявлено закономірності зміни мікрогеометрії і фізико-механічних властивостей поверхневого шару оброблювальної поверхні, проведено експериментальні дослідження у вібраційно-відцентровій установці з робочою камерою в карданному підвісі, кінематика якої забезпечує складні кутові коливання поверхневих точок робочої камери, що відповідає одному із найінтенсивніших видів вібраційного оброблення в силовому абразивному середовищі.

Ключові слова: вібраційно-відцентровий процес, шорсткість поверхні, абразивне робоче середовище

B. Hevko, O. Kondratyuk, O. Shablii, M. Pidgursky

EXPANSION OF TECHNOLOGICAL POSSIBILITIES FOR VIBRATION- CENTRIFUGAL MACHINING OF DETAILS

The summary. Vibration processing of details in concrete abrasive environment is commonly used during the final processing which is accompanied by a great number of micro impacts of inter abrasive granules as well as the surface being processed. The technological processes of grinding, polishing and strengthening processing of details are defined by the nature of changing the roughness and physical and mechanical properties of surface layer as well as its strengthening. This phenomenon is defined by the complexity and intensity of movement of working environment and its characteristics. The technological process of vibration processing can be improved with the use of new highly efficient process of centrifugal processing in concrete environment of special cells with additional movements. This process provides the increasing of quality and efficiency of technological process while processing the surfaces of different geometrical complexity. The improvement of intensity and quality of processing the complex non-rigid surfaces of machine details can be reached with the help of vibration centrifugal processing by means of free abrasives in installations with rough kinematical scheme which create complex movement of working medium inside the cell. The movement of working cell can not only be spatial or planetary, it can be made along the complex spatial curve as well. The installations worked out on this basis to process the details in concrete environment with free abrasives provide the increasing of its efficiency and intensity.

Thus the theme of the work is to investigate the interaction of free abrasive granules in the working environment with the surface being processed during the vibration process of details and optimization of technological process. The nature of interaction of abrasive granules with the surface being processed is set to depend not only on the power of dynamic impact and its measurements, but on the geometrical form, granularity

and so on. The abrasive filler is set to be chosen depending on the nature of operations, requirements to the quality of processing, shape of measurements and properties of details being used, the value of initial roughness of surface and its characteristics. The development of fillers of abrasive concrete working environment of different geometrical form on the basis of highly molecular joints (plastics, foams, resins and so on) allows to change the size, mass, granularity of abrasive constituent fillers.

On the basis of carried out research the value of power and technological parameters of technological processing of complex non-rigid details using the free abrasives during the vibration centrifugal processing is develop.

Key words: vibration centrifugal process, surface rigidity, abrasive working medium

Умовні позначення

$F_{сер}$ – середнє значення площі виступів, м ² ;	R_a – середньоарифметична шорсткість поверхні, мкм;
l – базова довжина, мкм;	S_k – середній крок мікронерівностей, мкм;
$G_{міц}$ – границя міцності матеріалу деталі, Па;	K_a – коефіцієнт активної площі камери;
$K_{обр}$ – коефіцієнт, який залежить від умов оброблення;	S – площа камери, м ² ;
d_{ep} – гранулізація робочого середовища, м;	$P_{уд.сер}$ – середнє значення динамічного удару абразивної гранули, Н;
α – передній кут дії гранули, град;	μ – коефіцієнт тертя.

Постановка проблеми. Вібраційне оброблення деталей з використанням сипучого абразивного середовища здебільшого застосовується при фінішному обробленні, яке супроводжується великою кількістю мікроударів між абразивними гранулами й оброблюваною поверхнею. Технологічний процес зачисного, шліфувального і зміцнюючого оброблення деталей визначається характером зміни шорсткості і фізико-механічних властивостей поверхневого шару. Це забезпечується складністю й інтенсивністю руху робочого середовища, його характеристик.

Розроблення й упровадження нових високопродуктивних технологічних процесів вібраційного оброблення деталей в сипучому абразивному середовищі призведе до поліпшення якості оброблюваних поверхонь різної складності геометричної форми.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Підвищення продуктивності та якості вібраційного оброблення деталей створює передумови розвитку і поліпшенню технологічного процесу, інтенсивність якого визначається величиною сили взаємодії абразивної гранули з оброблюваною поверхнею [1]. Дослідженню технологічних процесів оброблення деталей вільними абразивами присвячені праці Карташова І.Н. [2], а об'ємній вібраційній обробці Бурштейна І.Є. [3] та інших. Одним із найпрогресивніших та інтенсивніших методів цього технологічного процесу є вібраційно-відцентрове оброблення деталей в установках з жорсткою кінематичною схемою, які створюють складний рух робочого середовища в середині камери [4, 5]. Рух робочої камери може бути не тільки просторовим чи планетарним, але здійснюється й по складній просторовій кривій. Створені за цим принципом установки технологічного процесу оброблення деталей в сипучому абразивному середовищі забезпечують підвищення його продуктивності й інтенсивності.

Метою роботи є дослідження й аналіз взаємодії абразивних гранул робочого середовища з оброблюваною поверхнею при вібраційно-відцентровому обробленні деталей і оптимізація технологічного процесу деталей складного профілю й малої жорсткості.

Реалізація роботи. Аналіз зміни шорсткості поверхні деталей при вібраційному і вібраційно-відцентровому обробленні вказує на певну її закономірність. При загальній тенденції зниження шорсткості поверхні деталі, яка обробляється, в певний період оброблення спостерігається дискретне її збільшення. Наявність такого фактора зумовлює збільшення часу оброблення для досягнення потрібної шорсткості.

Для виявлення закономірностей зміни мікрогеометрії і фізико-механічних властивостей поверхневого шару оброблюваної поверхні проведено експериментальні дослідження оброблення деталей у вібраційно-відцентровій установці з робочою камерою в карданному підвісі, кінематика якої забезпечує складні кутові коливання поверхневих точок робочої камери, що відповідає одному із найінтенсивніших видів вібраційного оброблення в сипучому абразивному середовищі.

Експериментальна вібраційно-відцентрова установка (рис. 1 та 2) складається зі станини 1, виконаної зі сталеві труби діаметром 630 мм, до нижнього торця якої приварено основу, виготовлену із товстого сталюго листа. Вздовж діаметрально протилежних твірних в середині поверхні станини 1 приварені кронштейни 2 для кріплення опор 3, які є зварним корпусом, в який завулканізовано гумою капронову втулку рухомого з'єднання з цапфами рамки 4. За допомогою знімних цапф 5 з рамкою з'єднана робоча камера 6. До дна робочої камери приварена ступиця з квадратним отвором, в який вільно входить водило 7, посаджене нижнім своїм кінцем у сферичний підшипник кочення. Корпус 8 сферичного підшипника, за допомогою шарнірів, зв'язаний звилкою 9, яка має різьбовий отвір для з'єднання з ходовим гвинтом 10. Ходовий гвинт має в наявності праву і ліву різьби. На ділянку з лівою різьбою накручується противага 11. Ходовий гвинт встановлено в опорах кривошипа 12, який обертається за допомогою клино-ремінної передачі від електродвигуна, а стійка кривошипа жорстко кріпиться до основи станини. Така конструкція механізму привода дозволяє плавно змінювати амплітуду кутових коливань.

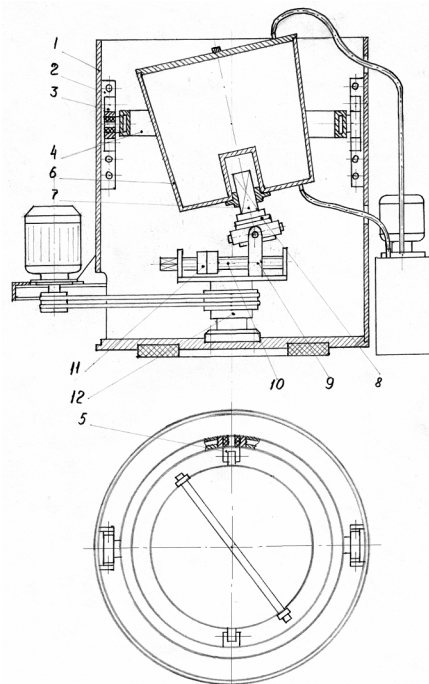


Рисунок 1. Конструктивна схема вібраційно-відцентрової установки
Figure 1. The constructive scheme of vibration-centrifugal device



Рисунок 2. Експериментальна вібраційно-відцентрова установка
Figure 2. The experimental vibration-centrifugal device

Змінюючи величину амплітуди кутових коливань і частоту обертання вібраційно-відцентрової установки, можна керувати технологічним процесом і режимом оброблення поверхонь деталей в сипучому абразивному середовищі.

Весь процес оброблення деталей можна поділити на такі етапи. В початковий період оброблення удари гранул припадають на вершини мікронерівностей вихідної поверхні зразків. Проходить інтенсивне змінання гребенів мікрорельєфу, в результаті інтенсивно знижується шорсткість і підвищується поверхнева міцність оброблюваної поверхні. Цей етап закінчується формуванням поверхні, яка має вищі значення показників якості поверхні. Умовно таку частину технологічної операції можна назвати вібраційним проходом. Тривалість такого проходу при ВВО знаходиться в межах 15–30 хв. За цей час уся вихідна поверхня деталі покривається слідами взаємодії з гранулами робочого середовища.

В наступний період обробляється поверхня, сформована першим вібраційним проходом. Режим оброблення не змінився і стійкість робочого середовища забезпечує майже незмінну його оброблювану властивість.

Гранула робочого середовища, маючи ту ж енергію, що і в першому проході, залишає на поверхні повторний слід, глибина якого дещо більша, ніж висота мікронерівностей, сформованих першим проходом. Гранула деформує метал в основі виступів вихідного мікрорельєфу поверхні зразка. Збільшується ступінь і глибина наклепу.

Другий вібраційний прохід характеризується підвищенням параметрів шорсткості, але числове значення R_a у кінці проходу менше вихідного (до оброблення). Цей прохід закінчується приблизно через 45 хвилин після початку оброблення.

Наступний прохід відрізняється зниженням шорсткості. Це пояснюється двома факторами. По-перше, з кожним наступним проходом зона взаємодії гранули з

поверхнею наближається до основ виступів мікрорельєфу, в результаті чого збільшується площа взаємодії гранули з поверхнею. По-друге, перших два проходи призвели до підвищення поверхневої міцності матеріалу зразка. Це додатково призводить до збільшення реакції поверхні при силовій взаємодії з нею гранули робочого середовища. Від проходу до проходу пружна фаза удару гранули об поверхню буде збільшуватися.

Аналіз перших проходів ВВО свідчить, що формування шорсткості поверхні проходить дискретно зі зменшенням ступеня дискретності при збільшенні часу оброблення. В міру наближення до сталої шорсткості силова взаємодія гранули з поверхнею деталі набуває характеру пружного удару.

Експериментальні дослідження визначили шляхи скорочення часу зачисних, шліфувальних і полірувальних операцій та уникнення дискретності технологічного процесу. Виникає необхідність у процесі оброблення керувати кількістю енергії, яку отримує гранула від поверхні робочої камери, тобто режимом оброблення. Виходячи з умов забезпечення потрібних характеристик якості поверхневого шару, можна вибрати різновидність режимів оброблення, які керуються програмами керування технологічним процесом [4].

Знаючи параметри виступів шорсткості поверхні, які визначаються попереднім видом оброблення поверхневого шару і режимом оброблення, фізико-механічні властивості матеріалу, визначають середнє значення зусилля динамічного удару абразивної гранули.

$$P_{уд.сер} = f(F_{сер}). \quad (1)$$

Використовується середньоарифметичне значення відхилення шорсткості поверхні R_a , де за базову лінію служить середня лінія профілю, тобто

$$\sum_{i=1}^n F_{i_{вус}} = \sum_{i=1}^n F_{i_{ен}}. \quad (2)$$

Виходячи з цього, величину середнього значення площі виступів визначаємо за формулою

$$F_{сер} = \frac{\sum_{i=1}^n F_{i_{вус}}}{n_{вус}}. \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n F_{i_{вус}} = \frac{R_a \cdot l}{2}; \quad n_{вус} = \frac{l}{S_{\kappa}}.$$

Тоді

$$F_{сер} = \frac{R_a \cdot S_{\kappa}}{2}; \quad (4)$$

$$P_{уд.сер} = K_{обр} \frac{R_a \cdot S_{\kappa}}{2} G_{міц}. \quad (5)$$

Характер взаємодії абразивної гранули з оброблюваною поверхнею залежить не тільки від сили динамічного удару, а й від її розмірів, геометричної форми, зернистості та ін. Відомо, що абразивний наповнювач вибирають залежно від характеру операції, вимог до якості оброблення, форми, розмірів і матеріалів оброблюваних деталей,

величини вихідної шорсткості поверхні, її характеристики. Створення наповнювачів сипучого робочого середовища різної геометричної форми на основі високомолекулярних з'єднань (пластмас, пінопластів, смол і т. д.) дозволяє змінювати розміри, масу, зернистість абразивних складових наповнювачів.

Підбір величини сили динамічного удару гранули абразивного робочого середовища, її розміру, геометричної форми, маси і зернистості для певної геометричної форми й характеру вихідної шорсткості оброблюваної поверхні деталей дозволяє досягти потрібної шорсткості поверхні деталі без наявності другого вібраційного проходу, який характеризується підвищенням параметрів шорсткості.

Цей процес оброблення деталей характеризується ударами гранул, що припадають на вершини мікронерівностей вихідної поверхні оброблюваних деталей. Проходить інтенсивне зниження гребенів мікрорельєфу за рахунок зминання, дряпання і стирання. В результаті інтенсивно знижується шорсткість і підвищується поверхнева міцність оброблюваної поверхні. Оброблення закінчується формуванням поверхні, яка має вищу значення показників якості поверхні. Підбір величини сили динамічного удару абразивної гранули, її розмірів, геометричної форми і маси не дозволяє деформувати метал в основах виступів вихідного мікрорельєфу поверхні, що не призводить до підвищення параметрів шорсткості. Продовження дії абразивної гранули на оброблювану поверхню призводить до зменшення гребенів мікрорельєфу, але з меншою інтенсивністю. Зона взаємодії гранули з поверхнею наближається до основ виступів мікрорельєфу, в результаті чого збільшується площа взаємодії гранули з поверхнею. Зі збільшенням часу оброблення зменшується інтенсивність зміни шорсткості, при цьому підвищується поверхнева міцність матеріалу і збільшується реакція поверхні при силовій взаємодії з нею гранули робочого середовища. Це наближає до сталої шорсткості оброблюваної поверхні, що призводить до характеру пружного удару взаємодії гранули з поверхнею деталі. Такий підбір технологічного процесу дозволить уникнути дискретності зміни шорсткості поверхні при вібраційному і вібраційно-відцентровому обробленні.

Для забезпечення даного технологічного процесу потрібна величина значення динамічного удару визначається величиною енергії, розсіяної в абразивному робочому середовищі, яка припадає на одну гранулу і передається поверхнею камери, що коливається

$$\Delta E_{cep} = \frac{c \cdot P_{yd.cep} \cdot K_a \cdot S}{d_{ep}^2}; \quad (6)$$

$$c = \frac{\sin \alpha + \mu \cdot \cos \alpha}{\cos \alpha - \mu \cdot \sin \alpha} = (2 \dots 10). \quad (7)$$

Ця енергія визначається кінематичними і конструктивними параметрами вібраційних і вібраційно-відцентрових установок. Основними кінематичними параметрами вібропристроїв є амплітуда A і частота ω коливань робочої камери. Виходячи із умов забезпечення потрібних характеристик поверхневого шару й експлуатаційних властивостей деталей, можна вибрати різні варіанти режимів оброблення технологічного процесу.

На основі проведених досліджень, їх аналізу можна зробити такі **висновки**:

1. Формування шорсткості та якості поверхні деталей проходить за певною закономірністю вібраційно-відцентрового процесу.

2. Вихідна шорсткість і фізико-механічні властивості поверхневого шару оброблюваних деталей можуть бути використані при підборі технологічного процесу вібраційно-відцентрового оброблення.

Conclusions:

1. Formation of roughness and surface quality of details are held by certain laws of vibration-centrifugal machining.

2. Initial roughness and physical and mechanical properties of surface layer of machined parts can be used when the choice process of vibration-centrifugal machining.

Список використаної літератури

1. Бабичев, А.П. Основы вибрационной технологии [Текст] / А.П. Бабичев. – Ростов-н/Д.: Издательский центр ДГТУ, 2008. – 694 с.
2. Карташов, И.Н. Обработка деталей свободными абразивами в вибрирующих резервуарах [Текст] / И.Н. Карташов и др. – К.: Выща школа, 1975. – 188 с.
3. Бурштейн, И.Е. Объемная вибрационная обработка [Текст] / И.Е. Бурштейн и др. – М.ЭНИМС, 1970. – 215 с.
4. Кондратюк, О.М. Аналіз циркуляції робочого середовища при вібраційно-відцентровій обробці деталей [Текст] / О.М. Кондратюк, І.В. Ромейко // Вісник НУВГП. – 2006. – Вип. 2(34). С. 253–271.
5. Кондратюк, О.М. Оптимізація технологічного процесу вібраційно-відцентрової обробки деталей [Текст] / О.М. Кондратюк, Л.С. Серілко // Всеукр.наук-техн.ж. «Вібрації в техніці та технологіях». – 2011. – № 1(61). – С. 87–93.

Отримано 03.07.2012